

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-269590
 (43)Date of publication of application : 14.10.1997

(51)Int.Cl. G03F 1/08
 H01L 21/027

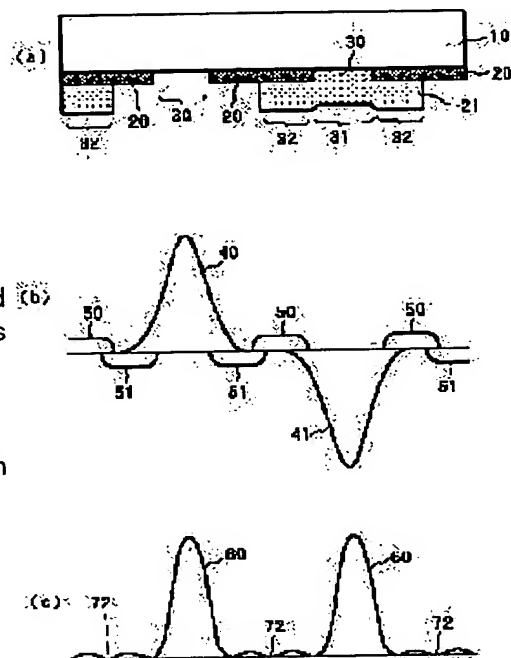
(21)Application number : 08-077217 (71)Applicant : NEC CORP
 (22)Date of filing : 29.03.1996 (72)Inventor : SHIODA ATSUSHI

(54) PHOTOMASK AND PRODUCTION OF PHOTOMASK

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a photomask with which the formation of the unnecessary patterns and thickness decrease by generated side lobes is suppressed and a process for producing the photomask.

SOLUTION: The light of amplitude 41 transmitted through an aperture 31 is inverted 180° in phase by a transparent phase shifter 21 with respect to the light transmitted through an aperture 30 and the phase is 360° in a region 32 where a halftone phase shift shifter 20 and the transparent phase shift shifter 21 overlap on each other. The phases of the transmitted light through the apertures 30 and 32 adjacent to each other vary by 180° from each other while the effect as the halftone phase shift mask is retained as it is. The light intensity 60 of the transmitted light through the apertures 30, 31 is, therefore, large. On the other hand, the side lobes generated in the apertures 30, 32 are negated with each other and the occurrence of the side lobes is drastically lessened as shown by 72.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.03.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 08.12.1998

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-269590

(43) 公開日 平成9年(1997)10月14日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 1/08			G 0 3 F 1/08	A
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 0 2 P 5 2 8

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平8-77217

(22) 出願日 平成8年(1996)3月29日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 潮田 淳

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 弁理士 松浦 兼行

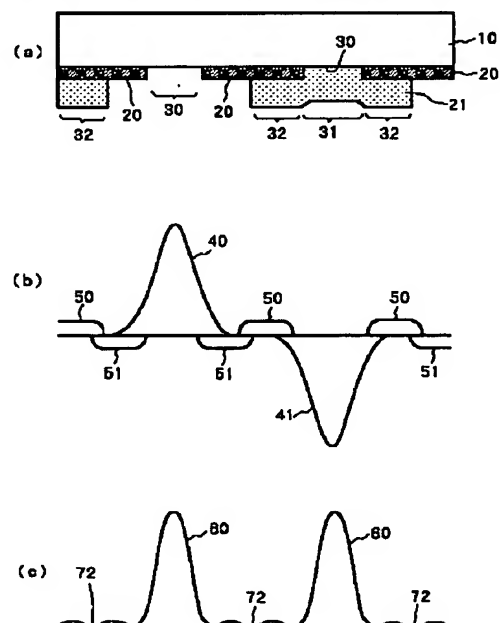
(54) 【発明の名称】 フォトマスク及びフォトマスクの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 ハーフトーン位相シフトマスクの透過光のサイドローブにより、レジストに不必要なパターンや膜べりが形成され、デバイスに支障をきたし、また、不必要パターンを解像している。

【解決手段】 開口部30を透過した光に対して、開口部31を透過した振幅41の光は、透明位相シフトシフト21により位相が180°反転されており、ハーフトーン位相シフトシフト20と透明位相シフトシフト21とが重なり合った領域32では360°の位相である。このため、ハーフトーン位相シフトマスクとしての効果をそのままに、隣り合う開口部30及び31の透過光の位相は互いに180°異なる。このため、開口部30、31の透過光の光強度60は大きく、一方、開口部30、31で生じたサイドローブは互いに打ち消され、72で示す如くサイドローブの発生を大幅に減少させることができる。

本発明の第1の実施の形態の断面構造図及び透過光の振幅及び光強度分布図



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入射される露光光に対して透明な第1及び第2の領域と、半透明な第3及び第4の領域を少なくとも有し、前記第1及び第2の領域を透過した光の位相差は互いにほぼ 180° 、前記第1及び第3の領域を透過した光の位相差は互いにほぼ 180° 、前記第1及び第4の領域を透過した光の位相差は互いにほぼ 0° であり、該第1乃至第4の領域を透過した光を用いて投影露光を行うことを特徴とするフォトマスク。

【請求項2】 透明基板上の所望位置に透過光の位相をほぼ 180° ずらす半透明膜で形成されたパターン第1の位相シフトシフタと、前記透明基板上に該第1の位相シフトシフタ上の所望位置に透過光の位相をほぼ 180° ずらす透明膜で形成されたパターン第2の位相シフトシフタとを有し、前記透明基板のみの開口部を前記第1の領域とし、該透明基板上の該第2の位相シフトシフタによる開口部を前記第2の領域とし、該透明基板上の前記第1の位相シフトシフタを前記第3の領域とし、該第1の位相シフトシフタ上に前記第2の位相シフトシフタが重ね合わされた領域を前記第4の領域としたことを特徴とする請求項1記載のフォトマスク。

【請求項3】 透過光の位相が互いにほぼ 180° ずれるように第1の厚さと第2の厚さの段差が形成された透明基板と、該第1の厚さの部分及び第2の厚さの部分の該透明基板上のそれぞれの所望位置に透過光の位相をほぼ 180° ずらす半透明膜で形成されたパターンの位相シフトシフタとを有し、前記第1の厚さ部分の透明基板のみの開口部を前記第1の領域とし、前記第2の厚さ部分の透明基板のみの開口部を前記第2の領域とし、前記第1の厚さ部分の透明基板上の該位相シフトシフタを前記第3の領域とし、前記第2の厚さ部分の透明基板上の該位相シフトシフタを前記第4の領域としたことを特徴とする請求項1記載のフォトマスク。

【請求項4】 前記半透明膜の主たる材質は、酸化クロム、珪素、カルシウム、リチウム、マグネシウム、ハフニウム、タンタル、ジルコニウム、クロム、チタン、モリブデン、タングステン、アルミニウム、ニッケル、錫などの、酸化又はフッ化あるいは窒化あるいは塩化による化合物であり、スパインコート又はスパッタリングあるいは気相成長あるいは蒸着あるいはメッキなどにより形成されていることを特徴とする請求項2又は3記載のフォトマスク。

【請求項5】 透明基板上の所望位置に透過光の位相をほぼ 180° ずらす半透明膜を第1の位相シフトシフタとして形成しパターンニングする第1の工程と、前記透明基板上に該第1の位相シフトシフタ上の所望位置に透過光の位相をほぼ 180° ずらす透明膜を第2の位相シフトシフタとして形成しパターンニングする第2の工程とを含むことを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【請求項6】 透明基板に対し透過光の位相が互いにほ

ぼ 180° ずれるように第1の厚さと第2の厚さの段差を形成しパターンニングする第1の工程と、該第1の厚さの部分及び第2の厚さの部分の該透明基板上のそれぞれの所望位置に透過光の位相をほぼ 180° ずらす半透明膜を位相シフトシフタとして形成しパターンニングする第2の工程とを含むことを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【請求項7】 前記半透明膜の主たる材質は、酸化クロム、珪素、カルシウム、リチウム、マグネシウム、ハフニウム、タンタル、ジルコニウム、クロム、チタン、モリブデン、タングステン、アルミニウム、ニッケル、錫などの、酸化又はフッ化あるいは窒化あるいは塩化による化合物であり、スパインコート又はスパッタリングあるいは気相成長あるいは蒸着あるいはメッキなどにより形成されていることを特徴とする請求項5又は6記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項8】 前記第1及び第2の領域は、前記第3及び第4の領域を介して隣り合う開口部を構成していることを特徴とする請求項1乃至4のうちいずれか一項記載のフォトマスク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はフォトマスク及びフォトマスクの製造方法に係り、特に半導体集積回路の製造工程で回路パターンの転写に利用されるフォトマスク及びフォトマスクの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体装置の製造においては、ウェハ上に塗布されたフォトレジストを、石英ガラス基板上にクロム(Cr)などの遮光膜でパターンニングされたフォトマスクを用い、縮小投影露光を行いレジストパターン形成を行っている。ここで用いられるフォトマスクは、完全な遮光膜と透過部を有したマスクが一般に用いられているが、露光に用いる光源の波長と同等以下の設計寸法が要求される近年の大規模集積回路(LSI)の製造においては、マスクの透過部を通過した光が回折し、干渉し合うことによって光強度プロファイルが広がりをもって転写パターンが正確に得られないため、上記の微細パターンのLSI製造においては、隣り合う開口の片側に一方に、光の位相を反転させる位相シフトを用い、隣り合う開口を透過した光が回折して干渉し合う際に境界部の光強度を零とし、隣り合う転写パターンを分離像でできるようにした位相シフト技術が提案されている(例えば特開昭58-173744号公報、特公昭62-50811号公報)。

【0003】 この位相シフト技術で最も注目されている手法として、ホールパターンに効果の大きいハーフトーン位相シフトマスクが、特開平4-136854号公報などに開示されている。このハーフトーン位相シフトマスクは、通常用いられるフォトマスクの遮光部を半透明

として、上記半透明膜を透過する光と、ホール開口部などの透明部を透過する光の位相を反転させている。すなわち、半透明膜から透過する光量を、転写するレジスト感度以下とし、この光と開口部を透過した光の位相が反転していることから、境界部の光強度が零に近くなり、これによりフォトリソスト上に形成される光学像のコントラストが高くなり、良好なホールパターン形成が可能になる。

【0004】図5(a)はハーフトーン位相シフトマスクの断面構造図を示す。このハーフトーン位相シフトマスクは、石英などのガラス基板10の表面に半透明のハーフトーン位相シフトシフト20を開口部30を除いた部分に積層した構造である。半透明膜は一般に単層構造であるが、クロム(Cr)と二酸化シリコン(SiO₂)などからなる2層構造、さらには3層構造などが用いられる場合もある。ここでは、従来より用いられている通常のフォトリソマスクと工程数が同様な、単層構造をハーフトーン位相シフトシフト20として用いている。

【0005】図5(b)は上述のハーフトーン位相シフトマスクを透過した光の振幅を示しており、開口部30を透過した光は正の振幅40を有しているが、ハーフトーン位相シフトシフト20を透過した光は負の振幅51を有している。このように、開口部30を透過した光の振幅40と、半透明膜のハーフトーン位相シフトシフト20を透過した光の振幅51の境界部で、お互いの位相が反転していることにより、振幅が打ち消し合うため、メインローブのプロファイルはよりシャープとなり、高コントラストが得られる。

【0006】光強度分布は振幅の絶対値の2乗で表せるため、このときの光強度分布特性は図5(c)のようになる。ここで、パターン形成を行う光の光強度は60で表され、便宜上メインローブとする。しかし、この従来のハーフトーン位相シフトマスクでは、図5(c)に示すように、メインローブ60の周囲にリング上のサイドローブ70が大きく発生する。このマスクを用いて露光を行う際には、このサイドローブ70が転写されないように、露光量の調整やマスクバイアスの付加を行っているが、特にホールとスペースの比が密に近接してくると、図5(c)に点線で示す重なり合ったサイドローブ71により、不良解像がより発生し易くなる。

【0007】図6はKrFエキシマレーザ(波長248nm)露光において、レンズ開口数NAを0.6、コヒーレンス因子σが0.3(円形照明)、ホール/スペース比1:2、ハーフトーン位相シフトの透過率T=8%を条件とし、□0.25μmを解像させたときの光強度シミュレーション結果を示す。この図からわかるように、ホールとホールの間で生じているサイドローブピークが、隣接するパターンとの重なりにより大きくなっている。

【0008】また、従来のハーフトーン位相シフトマ

スクにおいては、ハーフトーン位相シフトシフト20を透過する光量を増加させることで、より一層のプロセス裕度向上効果が得られるが、上記サイドローブ71の影響でハーフトーン位相シフト層の透過率を制限せざるを得ない状況である。このため、位相シフトとしての十分な効果を発揮していない。従って、メインローブ周辺に形成されるサイドローブを小さく抑えることで、より一層のプロセス裕度が得られる。ハーフトーン位相シフトマスクは、以上のような特徴を有しているが、更にマスクの製造工程が既存のフォトリソマスクと同様であり、位相シフトの実用化に問題となるシフト自動配置の問題が生じないという特徴がある。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上記のハーフトーン位相シフトマスクにより投影される光学像は、半透明膜であるハーフトーン位相シフトシフト20の透過率を、より高く設定することにより、パターンの光強度プロファイルがシャープになり焦点深度が大きく拡大する。しかし、図5(c)に70で示したようなパターン周辺部にサイドローブが存在し、このサイドローブ光強度が前記重なり合ったサイドローブ71などにより露光しきい値以上となる場合、レジストに不必要なパターンや膜ベリが形成され、デバイスに支障をきたしていた。また、図6に示したように、サイドローブピークが隣接するパターンとの重なりにより大きくなっており、これが主に不必要パターンを解像する。この問題はパターン間隔が密に配置された開口部ではより顕著となり、これはすなわち隣り合う開口部のサイドローブがお互いに重なり合い、増長されていることにほかならない。

【0010】このため、従来は半透明膜であるハーフトーン位相シフトシフト20を透過する光に制約を与えざるを得なく、一般に5%~10%の透過率が最適とされて用いられている。

【0011】本発明は以上の点に鑑みなされたもので、発生するサイドローブによる不必要なパターン、膜ベリを抑制できるフォトリソマスク及びフォトリソマスクの製造方法を提供することを目的とする。

【0012】また、本発明の他の目的は、半透明膜の透過率の許容値を増加させることにより、半透明位相シフトの効果をより発揮できるフォトリソマスク及びフォトリソマスクの製造方法を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明のフォトリソマスクは、入射される露光光に対して透明な第1及び第2の領域と、半透明な第3及び第4の領域を少なくとも有し、第1及び第2の領域を透過した光の位相差は互いにほぼ180°、第1及び第3の領域を透過した光の位相差は互いにほぼ180°、第1及び第4の領域を透過した光の位相差は互いにほぼ0°であり、第1乃至第4の領域を透過した光を用いて投影露

光を行う構成としたものである。

【0014】具体的には、本発明のフォトマスクは、透明基板上の所望位置に透過光の位相をほぼ 180° ずらす半透明膜で形成されたパターンの第1の位相シフトシフトと、透明基板上と第1の位相シフトシフト上の所望位置に透過光の位相をほぼ 180° ずらす透明膜で形成されたパターンの第2の位相シフトシフトとを有する構成、あるいは、透過光の位相が互いにほぼ 180° ずれるように第1の厚さと第2の厚さの段差が形成された透明基板と、第1の厚さの部分及び第2の厚さの部分の透明基板上のそれぞれの所望位置に透過光の位相をほぼ 180° ずらす半透明膜で形成されたパターンの位相シフトシフトとを有する構成としたものである。

【0015】また、本発明のフォトマスクの製造方法は、上記の目的を達成するため、透明基板上の所望位置に透過光の位相をほぼ 180° ずらす半透明膜を第1の位相シフトシフトとして形成しパターンニングする第1の工程と、透明基板上と第1の位相シフトシフト上の所望位置に透過光の位相をほぼ 180° ずらす透明膜を第2の位相シフトシフトとして形成しパターンニングする第2の工程とを含む。あるいは、透明基板に対し透過光の位相が互いにほぼ 180° ずれるように第1の厚さと第2の厚さの段差を形成しパターンニングする第1の工程と、第1の厚さの部分及び第2の厚さの部分の透明基板上のそれぞれの所望位置に透過光の位相をほぼ 180° ずらす半透明膜を位相シフトシフトとして形成しパターンニングする第2の工程とを含むことを特徴とする。

【0016】上記の本発明のフォトマスク及びその製造方法では、フォトマスクは透過光の位相と透過率の組み合わせが少なくとも4種類の領域を有し、隣り合う開口部を構成する透明な第1及び第2の領域を透過する露光光の振幅が反転し、第1及び第2の領域を透過したそれぞれの露光光のサイドローブに対しても位相が同様に反転するため、これらの露光光のサイドローブの重なりが生じて互いに打ち消し合うようにできる。

【0017】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について説明する。図1(a)は本発明になる位相フォトマスクの第1の実施の形態の断面構造図を示す。この位相フォトマスクは透明基板であるガラス基板10の上層の開口部30を除く部分に、透過光の位相を 180° ずらす半透明位相シフトシフト20が形成されている点は従来と同様であるが、この実施の形態では更に隣接する開口部30の一方とその両側の半透明位相シフトシフト20の一部の上に透過光位相をおよそ 180° ずらす透明位相シフトシフト21を形成しパターンニングした点に特徴がある。

【0018】半透明位相シフトシフト20は酸化クロムにより構成されているが、珪素、カルシウム、リチウム、マグネシウム、ハフニウム、タンタル、ジルコニウ

ム、クロム、チタン、モリブデン、タングステン、アルミニウム、ニッケル、錫などとの、酸化又はフッ化あるいは窒化あるいは塩化合物からなる半透明膜を、スパインコート又はスパッタリングあるいは気相成長あるいは蒸着あるいはメッキなどにより形成されたものを用いても同様の効果を得ることができる。

【0019】また、開口部30上の片側にのみ設けられた透明位相シフトシフト21は開口部31を新たに形成しており、開口部31の両側部分には半透明位相シフトシフト20と透明位相シフトシフト21の重なりあった領域32が設けられている。

【0020】これにより、この実施の形態の位相シフトマスクは、ガラス基板10のみからなる開口部30による第1の領域と、ガラス基板10とその上の透明位相シフトシフト21からなる開口部31による第2の領域と、ガラス基板10とその上の半透明位相シフトシフト20からなる第3の領域と、ガラス基板10とその上の半透明位相シフトシフト20と透明位相シフトシフト21の重なりあった第4の領域32の、計4種類の透過率及び位相の組み合わせを持つ領域を有することとなる。そして、第1及び第2の領域は第3及び第4の領域を介して隣り合うように配置される。

【0021】図1(b)は同図(a)に示したハーフトーン位相シフトマスクを透過した光の振幅を示しており、開口部30のみを透過した光は正の振幅40を有し、半透明位相シフトシフト20のみを透過した光は負の振幅51を有している点は従来と同様であるが、開口部31を透過した光は負の振幅41を有し、ハーフトーン位相シフトシフト20と透明位相シフトシフト21が重なっている領域32では正の振幅50を有している。

【0022】ここで、開口部30を透過した光に対して、開口部31を透過した振幅41の光は、透明位相シフトシフト21により位相が 180° 反転されており、ハーフトーン位相シフトシフト20と透明位相シフトシフト21とが重なり合った領域32では 360° の位相である。このため、ハーフトーン位相シフトマスクとしての効果をそのままに、隣り合う開口部間で位相を 180° 反転させることができる。

【0023】図1(c)はこの実施の形態のフォトマスクの光強度分布を示す。このように、この実施の形態では開口部30及び31を透過した光の光強度は60で示す如く大であり、しかも隣り合う開口部30及び31の透過光の位相が互いに 180° 異なるため、開口部30、31で生じたサイドローブは互いに打ち消され、72で示す如くサイドローブの発生を大幅に減少させることができ、この結果、不必要なパターン転写を抑制できる。このことから、また半透明位相シフトシフト20、34を透過する光量を増やすことができるため、従来よりもプロセス裕度を向上できる。

【0024】図2は本発明の実施の形態を実際のフォト

マスクに適応したときの平面図を示す。同図中、図1と同一構成部分には同一符号を付してある。図2において、密に繰り返して配置されたホール開口部30が半透明なハーフトーン位相シフトシフト20に1:2のホール/スペース比で繰り返して配置してある。その上層の隣り合う開口部30、31の位相差が 180° となるように、市松模様状に透明位相シフトシフト21を同図の通りホールとホールの中点まで配置することにより、ホール開口部31では位相が 180° 、半透明膜と透明膜が重なり合った領域32では 360° というように位相が変化している。

【0025】このように、この実施の形態では、通常のハーフトーンとしての効果を損なわず、隣り合う開口部30、31で位相を反転することができる。なお、このフォトマスクでは、1:2ホール/スペース比の配置を想定しているが、1:1、1:3などのパターンでも同様に中点まで透明位相シフトシフトを配置することで効果を得ることができる。

【0026】図3はKrFエキシマレーザ（波長248nm）露光において、レンズ開口数NA=0.6、コヒーレンス因子 $\sigma=0.3$ （円形照明）、ホール/スペース比1:2、ハーフトーン位相シフトの透過率 $T=8\%$ の、図6と同一の条件で図1の実施の形態を用いて、 $0.25\mu\text{m}$ を解像させたときの光強度シミュレーション結果を示す。この図3からわかるように、この実施の形態では、サイドローブが全く逆の位相を有していることから、サイドローブを打ち消し合うため、これをほぼ零とすることができ、不必要パターンの形成を抑制できることが確かめられた。

【0027】次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。上記の第1の実施の形態はガラス基板の上層に透明位相シフトシフトを形成しているが、透明位相シフトシフトをガラス基板の下層に配置する、あるいはフォトマスク基板をエッチングによりガラス基板に掘り込むことで同様の効果を得ることもできる。

【0028】図4(a)は本発明になる位相フォトマスクの第2の実施の形態の断面構造図を示す。この位相フォトマスクはホール/スペース比1:2のパターンをガラス基板掘り込みで形成したものである。図4(a)の断面構造を持つ位相フォトマスクの製造方法について説明するに、まず、第1の工程により透明基板であるガラス基板10上に透過光の位相をおよそ 180° ずらす段差をエッチングにより掘り込む。これにより、ガラス基板10の開口部30と段差のある開口部33を透過した光は互いに位相が 180° 異なることとなる。

【0029】次の第2の工程では、段差が形成されたガラス基板10の上層に、透過光の位相をおよそ 180° ずらす半透明位相シフトシフト20、34を開口部30、33を除く所望の位置に成膜しパターンニングして図4(a)に示した断面構造の位相フォトマスクを製造す

る。34は、掘り込んだ位置に成膜された半透明位相シフトシフトで、半透明位相シフトシフト20と同一の部材からなる。これにより、半透明位相シフトシフト20、34を透過した光の位相は互いに 180° ずれる。

【0030】これにより、この実施の形態の位相シフトマスクは、ガラス基板10の厚さの厚い部分からなる開口部30による第1の領域と、ガラス基板10の厚さの薄い部分からなる開口部33による第2の領域と、ガラス基板10の厚さの厚い部分とその上の半透明位相シフトシフト20からなる第3の領域と、ガラス基板10の厚さの薄い部分とその上の透明位相シフトシフト34からなる第4の領域の、計4種類の透過率及び位相の組み合わせを持つ領域を有することとなる。

【0031】図4(b)は同図(a)に示したハーフトーン位相シフトマスクを透過した光の振幅を示しており、ガラス基板10の厚さの厚い開口部30のみを透過した光は正の振幅40を有し、開口部30の両側の半透明位相シフトシフト20を透過した光は負の振幅51を有している点は従来と同様であるが、ガラス基板10の厚さの薄い開口部33を透過した光は負の振幅42を有し、開口部33の両側のハーフトーン位相シフトシフト34を透過した光は正の振幅52を有している。

【0032】ここで、開口部30を透過した光に対して、開口部33を透過した振幅42の光は位相が 180° 反転されており、ハーフトーン位相シフトシフト34を透過した光は 360° の位相である。このため、ハーフトーン位相シフトマスクとしての効果をそのままに、隣り合う開口部30と33の透過光の間で位相を 180° 反転させることができる。

【0033】図4(c)はこの実施の形態のフォトマスクの光強度分布を示す。このように、この実施の形態では開口部30及び33を透過した光の光強度は60及び61で示す如く大であり、しかも隣り合う開口部30及び33での透過光の位相が反転されるため、開口部30、33で生じたサイドローブは互いに打ち消され、73で示す如くサイドローブの発生を減少させることができ、この結果、不必要なパターン転写を抑制できる。このことから、また半透明位相シフトシフト20、34を透過する光量を増やすことができるため、従来よりもプロセス裕度を向上できる。

【0034】なお、この第2実施の形態の掘り込み型の位相シフト技術は、より短波長の露光光源などを使用した場合に問題となる、透明位相シフトシフトの耐光性、安定性に優れているため、ArFエキシマレーザ露光用としても用いることができる。

【0035】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、隣り合う開口部を構成する透明な第1及び第2の領域を透過する露光光の振幅が反転し、第1及び第2の領域を透過したそれぞれの露光光のサイドローブに対しても位

9

相が同様に反転する構成とすることにより、これらの露光光のサイドロープの重なりが生じて互いに打ち消し合うようにしたため、従来のハーフトーン位相シフトマスクで生じていた隣り合う開口部の透過光のサイドロープの重なりによる不必要パターンの解像を消失させ、不必要なパターン転写を大幅に抑制することができる。これにより、本発明によれば、半透明膜を透過する光量を従来よりも増やすことができ、従来よりもプロセス裕度を大幅に向上できる。

【0036】また、本発明によれば、隣り合う開口部の一方に透明位相シフトを配置するだけであるので、コンピュータ支援設計（CAD）を使用した複雑な計算を必要とすることなく、位相シフトシフトの配置が容易にできる。

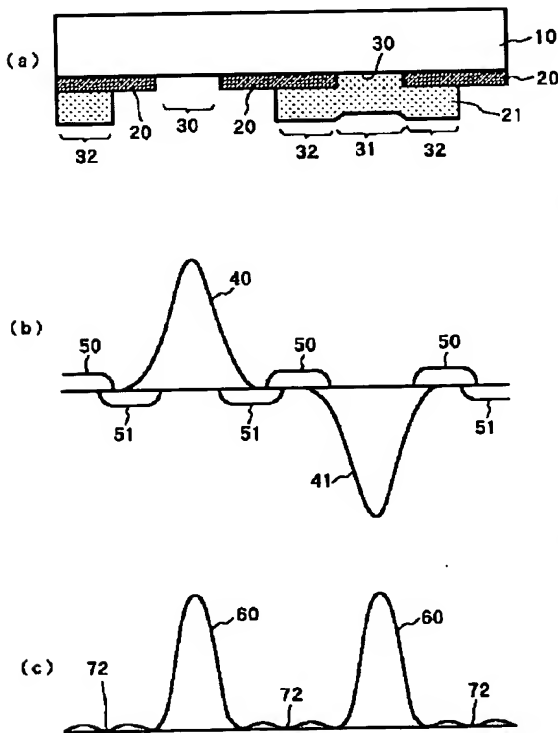
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の断面構造図及び透過光の振幅及び光強度分布図である。

【図2】図1の位相シフトマスクを適用したフォトマスクの平面図である。

【図1】

本発明の第1の実施の形態の断面構造図及び透過光の振幅及び光強度分布図



10

【図3】図1の特性図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態の断面構造図及び透過光の振幅及び光強度分布図である。

【図5】従来のハーフトーン位相シフトマスクの断面構造図及び透過光の振幅及び光強度分布図である。

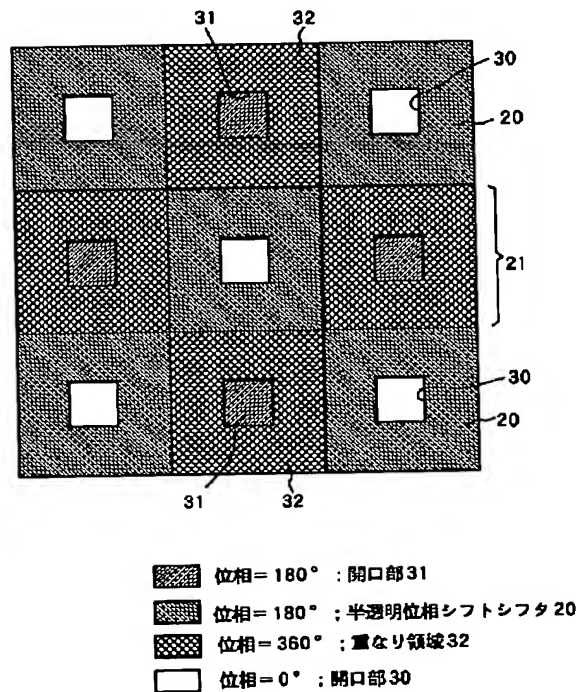
【図6】従来の一例の特性図である。

【符号の説明】

- 10 ガラス基板
- 20、34 ハーフトーン位相シフトシフト
- 21 透明位相シフトシフト
- 30、31、34 開口部
- 32 半透明位相シフトシフト20と透明位相シフトシフト21の重なりあった領域
- 40、41、42 開口部の透過光の振幅
- 50、51、52 半透明の位相シフトシフトの透過光の振幅
- 60、61 開口部の透過光の光強度分布
- 72、73 サイドロープの光強度分布

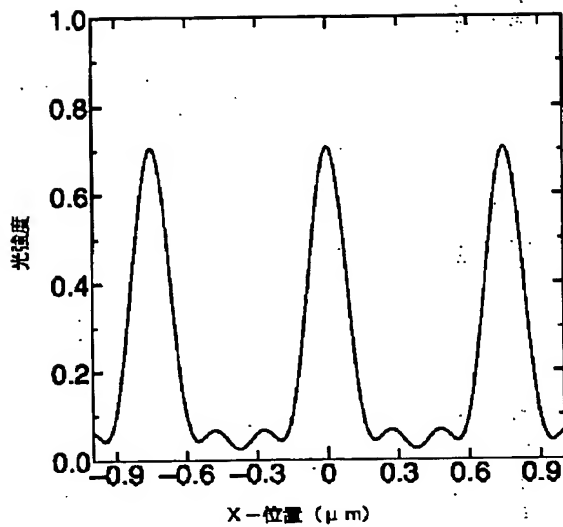
【図2】

図1の位相シフトマスクを適用したフォトマスクの平面図



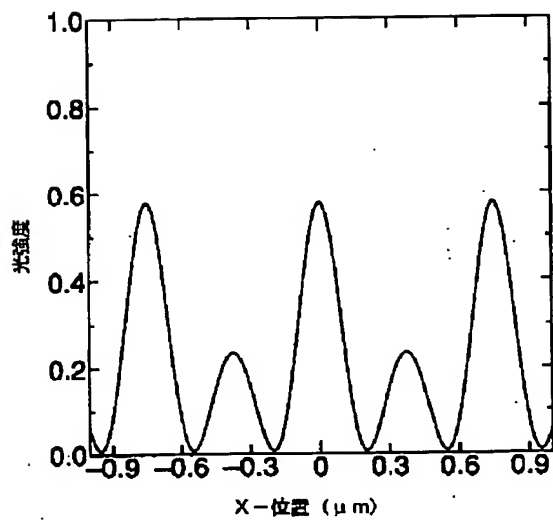
【図3】

図1の特性図



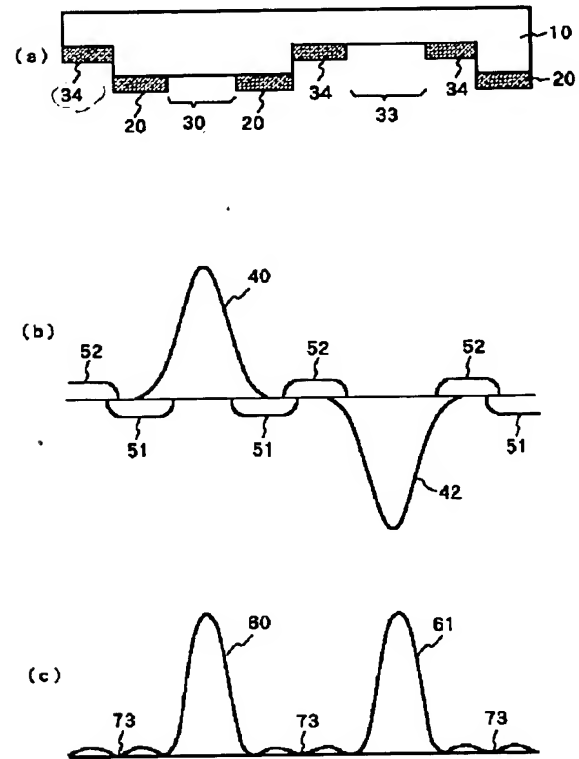
【図6】

従来の一例の特性図



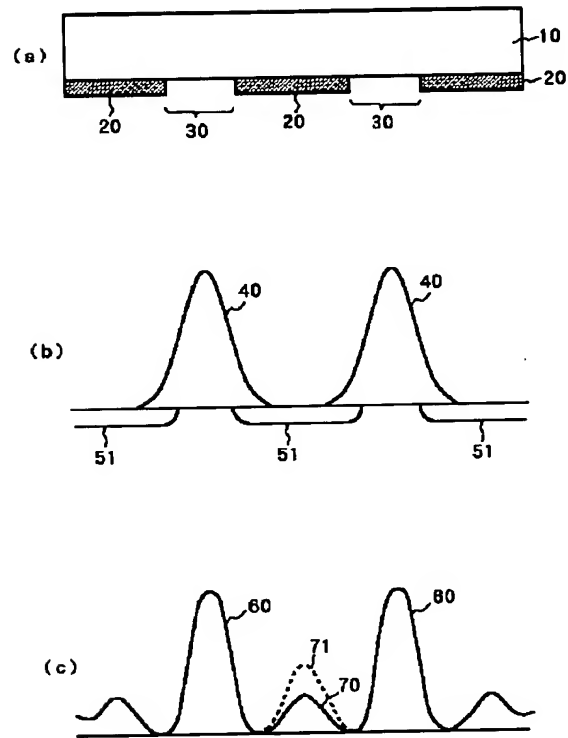
【図4】

本発明の第2の実施の形態の断面構造図と透過光の振幅及び光強度分布



【図5】

従来のハーフトーン位相シフトマスクの断面構造図と透過光の板幅及び
光強度分布



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.